نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۸۷-۷۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 79-87
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک و لاکتات کلسیم بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای

مهسا فاتح[۱]- طاهر برزگر[۲*]- فرهنگ رضوی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۵

چکیده

فلفل‌دلمه‌ای یکی از سبزیجات مهم میوه‌ای است که در بسیاری از مناطق مختلف جهان کشت می‌شود. به‌منظور مطالعه اثر اسید آسکوربیک و کلسیم بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل اسید آسکوربیک (۱۰۰، ۲۰۰ و۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، لاکتات کلسیم (۰/۵، یک و ۱/۵ گرم در لیتر) و محلول‌پاشی با آب مقطر به‌عنوان شاهد بودند. نتایج نشان داد محلول‌پاشی اسید آسکوربیک تاثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد میوه داشت. بیشترین عملکرد میوه (۸۹۷/۱ گرم در بوته) در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک حاصل شد که با تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک تفاوت معنی‌داری نداشت. کاربرد اسید آسکوربیک مقدار ویتامین ث میوه را به‌طور چشمگیری افزایش داد و همچنین بیشترین مقدار مواد جامد محلول (۵/۷ درصد بریکس) در تیمار اسید آسکوربیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت گردید. تیمار لاکتات کلسیم تاثیر معنی‌داری بر عملکرد میوه در مقایسه با شاهد نداشت ولی سفتی بافت میوه را بهبود بخشید. بیشترین سفتی بافت میوه (۲/۱۳ و ۲/۱۶ کیلوگرم در سانتی‌متر) به ترتیب با تیمار یک و ۱/۵ گرم در لیتر لاکتات کلسیم به‌دست آمد. حداکثر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه با کاربرد اسید آسکوربیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و لاکتات کلسیم ۱/۵گرم در لیتر حاصل گردید.

کلمات کلیدی: سطح برگ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مواد جامد محلول، وزن میوه، ویتامین ث

مقدمه

فلفل‌دلمه‌ای با نام علمی *Capsicum annuum* L. گیاهی علفی و یکساله متعلق به خانواده Solanacae و یکی از سبزی‌های مهم میوه‌ای در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان است (۱۷). میوه‌های فلفل به دلیل داشتن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شامل فنول‌ها، ویتامین‌ث و کارتنوییدها دارای ارزش بالایی بوده و برای تنظیم فشار خون، افزایش اشتها و هضم غذا استفاده می‌شود (۱۰). اگرچه عملکرد میوه عامل مهمی در تولید تجاری محصولات گلخانه‌ای است، اما امروزه شاخص‌های کیفی نظیر طعم و مزه، میزان قندها، اسیدیته، ویتامین‌ث و غیره به‌صورت روزافزونی مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار گرفته است.

ویتامین‌ث یکی از ترکیبات مهم در میوه فلفل، نه تنها به عنوان ویتامین در متابولیسم طبیعی یاخته‌ها نقش دارد، بلکه به عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی باعث خنثی شدن رادیکال‌های آزاد اکسیژن و کاهش خسارت ناشی از تنش اکسیداتیو می‌شود (۹). مشخص شده است که اسید آسکوربیک مجموعه‌ای از نقش‌ها را در رشد گیاهان مانند تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها، توسعه دیواره سلولی و دیگر فرآیندهای نموی بازی می‌کند (۲۰). علاوه بر این آسکوربیک اسید از جمله مواد آنتی‌اکسیدانی درون سلولی است که مقاومت سطح سوبستراهای آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را بالا می‌برد و در کاهش تنش خشکی نقش به‌سزایی دارد. این مولکول آنتی اکسیدانی همراه دیگر ترکیبات، سیستم آنتی اکسیدانی سلول‌های گیاهی را در برابر آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از اختلال در متابولیسم‌های هوازی فتوسنتز و تنفس و حتی آلودگی‌ها حفظ می‌نماید (۱۴). اسید آسکوربیک در گیاهان سنتز و باعث بهبود رشد گیاه می‌شود و در برخی فعالیت‌های چرخه تغذیه در گیاهان عالی موثر بوده و نقش مهمی در سیستم انتقال الکترون ایفا می‌کند (۸).

محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در گیاه گوجه فرنگی باعث افزایش قابل‌توجهی در شاخص‌های رشدی و عملکرد کل گردید (۲۳). همچنین کاربرد برگی اسید آسکوربیک در میوه فلفل شیرین، غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را افزایش داد (۲۶). محققان دیگر هم

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد باغبانی، دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
(*- نویسنده مسئول: (Email: tbarzegar@znu.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.70145

نتایج مشابهی با کاربرد اسید آسکوربیک در گیاهانی مثل سیب‌زمینی، بادنجان و فلفل‌دلمه‌ای گزارش نموده‌اند (۲۶). محلول‌پاشی برگی اسیدآسکوربیک در گیاه سیب‌زمینی، ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، میزان کلروفیل، عملکرد کل و همچنین وزن تر وخشک غده، مواد جامد محلول کل و ویتامین ث غده را افزایش داد (۶).

کلسیم یکی از عناصر پرمصرف مهم بوده و گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و حیوانات در مقادیر بالا و در سطح سلولی به این عنصر نیازمندند. دیواره سلولی غنی از کلسیم است و تثبیت کلسیم در دیواره سلولی باعث تقویت سلول‌ها، افزایش رشد و مقاومت در برابر بیماری‌ها می‌گردد (۲۵). کمبود و بیشبود کلسیم باعث می‌شود که تقسیم سلولی آهسته‌تر، رشد شاخساره‌ها، ریشه‌ها و میوه‌ها کاهش - یابد. این موارد با علائم آشکار مثل پوسیدگی گلگاه در گوجه‌فرنگی و فلفل مشخص می‌شود، به‌طوری که با عرضه کافی کلسیم در گیاهان، ریشه‌ها و شاخه‌ها اجازه‌ی رشد بیشتر پیدا کرده، عملکرد و عمر ماندگاری میوه و تحمل گیاه در برابر دماهای پایین و بالا افزایش می‌یابد. میزان کلسیم پایین در بافت میوه سبب می‌شود که میوه در مدت زمان نگهداری سریع‌تر نرم گردد و همچنین عوارض مربوط به دماهای پایین و پوسیدگی میوه با سرعت بیشتری ظاهر شود (۲۵). کمبود کلسیم باعث بروز عوارضی همچون سوختگی برگ‌های کاهو و کلم، سوختگی گلگاه در گوجه‌فرنگی و فلفل، قهوه‌ای شدن درون کلم و سیاه شدن مغز در کرفس می‌شود که از اندام‌های با تعرق کم می- باشند و کلسیم نمی‌تواند به راحتی از طریق آوندهای‌چوبی به آنها برسد. کلسیم به مواد پکتینی در لایه‌ی میانی و غشای سلولی اتصال پیدا می‌کند و ممکن است نابسامانی را از راه استحکام ساختار سلول برطرف نموده و از نمایان شدن بیماری جلوگیری کند (۲۱ و ۲۵). با توجه به مطالب فوق، این پژوهش با هدف مطالعه اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای رقم کالیفرنیا واندر انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بر رشد و عملکرد میوه فلفل‌دلمه‌ای، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل اسید آسکوربیک در سه سطح ۱۰۰ ، ۲۰۰ و۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر، لاکتات کلسیم در سه سطح ۰/۵، یک، ۱/۵ گرم در لیتر و محلول‌پاشی با آب مقطر به‌عنوان شاهد بود که در مجموع شامل هفت تیمار و ۲۱ واحد آزمایشی بود. بذور فلفل دلمه‌ای رقم "کالیفرنیا واندر" در ۲۵ اسفند سال ۱۳۹۳ داخل سینی‌های مخصوص کاشت بذر در بستر حاوی خاک برگ، شن و خاک لوم (به ترتیب با نسبت ۵۰، ۲۵ و ۲۵ درصد) در گلخانه (دمای۳±۲۵ روز و ۳±۱۸ شب با رطوبت نسبی ۶۰-۷۰ درصد) کشت و بعد از ۶۰ روز (مرحله چهار- پنج برگی) نشاها به مزرعه انتقال داده شدند و با فاصلهٔ ۹۰ سانتی‌متر بین ردیف- ها و ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف‌ها کشت شدند. عمل محلول‌پاشی ۳۵ روز پس از نشاءکاری شروع گردید و با فاصله ۱۵ روز، سه بار محلول- پاشی برگی انجام شد. تیمارهای اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بصورت جداگانه بر روی گیاهان محلول‌پاشی شدند و باهم مقایسه و ارزیابی گردیدند. نوع سیستم آبیاری (قطره‌ای-نواری) و دور آبیاری سه روز یکبار بود. جدول یک خصوصیات خاک محل آزمایش را نشان می‌دهد

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1-Soil physical and chemical parameters of the experiment location

هدایت الکتریکی	اسیدیته	بافت خاک	کربنات کلسیم	ماده آلی	آهن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن
EC (dS/m)	pH	Soil texture	$Ca(CO_3)_2$ (%)	OM(%)	Fe (ppm)	K (ppm)	P (ppm)	N (%)
1.12	7.27	لوم سیلتی Silt loam	14.09	1.11	1.8	154	4.6	0.08

OM: Organic mater

صفات مورد ارزیابی

سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta-T Device LTD., England) بر حسب سانتی‌متر مربع محاسبه شد. برای ارزیابی وزن متوسط میوه و عملکرد، در زمان برداشت، وزن میوه‌ها با ترازوی دیجیتال برحسب گرم ثبت گردید. پس از توزین تمام میوه‌های برداشت شده از بوته‌ها، تعداد میوه در بوته و عملکرد کل بر حسب کیلوگرم در هکتار برآورد گردید. طول و قطر میوه نیز توسط دستگاه کولیس اندازه‌گیری و بر حسب سانتی‌متر ثبت شد. ارتفاع بوته (بر حسب سانتی‌متر) در اواخر فصل رشد اندازه- گیری شد. سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (مدل Mc Cormic FT 32) اندازه‌گیری شد. نوک سفتی‌سنج با قطر هشت میلی‌متر به داخل بافت میوه فشار داده شد و میزان سفتی بر حسب

کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع قرائت گردید. شاخص کلروفیل برگ نیز توسط دستگاه SPAD اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری اسیدیته میوه از عصاره تهیه شده از گوشت میوه استفاده گردید و قرائت آن با استفاده از pH متر (مدلC863، شرکت Consort، بلژیک) انجام گرفت. مقدار مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دستی (مدل N1، شرکت Atago، ژاپن) برحسب درصد بریکس ثبت گردید. محتوای ویتامین ث یا اسیدآسکوربیک موجود در میوه با استفاده از روش یدومتریک و بر حسب میلی‌گرم در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه با استفاده از رابطه یک محاسبه شد (۳).

رابطه (۱) $A= S \times N \times F \times 88.1 \times 100/10$

A=مقدار ویتامین ث، S=مقدار محلول ید مصرف شده، N=نرمالیته ید (۰/۰۱ نرمال) F=فاکتور محلول، ۸۸/۱= ضریب ثابت ویتامین ث

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه از روش DPPH استفاده شد و برحسب درصد با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۷).

رابطه (۲) $RSA\% = 100 (Ac-As)/Ac$

AS: جذب نمونه حاوی عصاره Ac: جذب کنترل Radical scavenging activity : RSA

داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه نه) آنالیز و مقایسهٔ میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، سطوح مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بر صفات وزن میوه، تعداد میوه و عملکرد بوته تاثیر معنی‌داری داشت (جدول۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین، بیشترین وزن متوسط میوه (۱۱۹/۴۹ گرم) در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک حاصل شد که با تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک و ۱/۵ گرم در لیتر لاکتات کلسیم تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین وزن میوه در تیمارهای ۰/۵ و یک گرم در لیتر لاکتات کلسیم به‌دست آمد (جدول ۳). بیشترین تعداد میوه در بوته (۷/۶ عدد) و عملکرد بوته (۸۹۷/۱۱ گرم) در بوته‌های تیمار شده با اسید آسکوربیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین تعداد میوه و عملکرد بوته (۵۵۲/۱۷ گرم) در گیاهان شاهد مشاهده شد که با تیمارهای ۰/۵ و یک گرم در لیتر لاکتات کلسیم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

با توجه به نتایج حاصل، محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک با افزایش معنی‌دار تعداد میوه در بوته و وزن متوسط میوه باعث افزایش عملکرد بوته گردید. نتایج این پژوهش، با نتایج حاصل از پژوهش واسلو و همکاران (۲۹) که گزارش نمودند محلول‌پاشی برگی اسید آسکوربیک باعث بهبود عملکرد و خصوصیات فیزیکی میوه انگور گردید مطابقت دارد که این افزایش ممکن است به علت اثر اسید اکسینیک بر افزایش تقسیم‌سلولی باشد که به نوبه خود منجر به بهبود رشد، وزن - میوه و عملکرد کل می‌گردد. همچنین کاربرد اسید آسکوربیک در گیاه با افزایش سطح برگ و جذب عناصر غذایی منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (۱۲ و ۱۳).

نتایج مشابهی در گیاهان خیار (۷) و فلفل (۶) مشاهده شد که کاربرد برگی اسید آسکوربیک اثرات مطلوبی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد به‌خصوص در غلظت‌های بالا داشته است که ممکن است به دلیل نقش آن به عنوان کوفاکتور مهم در بیوسنتز بسیاری از هورمون‌های گیاهی باشد که از طریق احیای این هورمون‌ها سبب افزایش تقسیم و گسترش سلولی و افزایش عملکرد می‌شود (۲۷).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی لاکتات کلسیم و اسید آسکوربیک بر رشد و عملکرد فلفل دلمه‌ای

Table 2- ANOVA for the effects of calcium lactate and ascorbic acid on growth and yield of sweet pepper

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	شاخص کلروفیل برگ Chlorophyll index	سطح تک برگ Leaf area	ارتفاع بوته Plant height	عرض میوه Fruit width	طول میوه Fruit length	عملکرد بوته Plant yield	تعداد میوه در بوته Fruit number per plant	میانگین وزن میوه Fruit weight
بلوک Block	2	48^{ns}	4.1^{ns}	15^{ns}	37.48^{ns}	197.7**	4556.6^{ns}	0.3^{ns}	23.51^{ns}
تیمار Treatment	6	447.9*	56.6**	32.8*	14.7^{ns}	6.86^{ns}	647.2**	3.26**	218.71**
خطای آزمایش Experiment error	12	119.4	7	16.6	21.88	11.8	4495.9	0.2	18.05
ضریب تغییرات CV		16.13	6.5	7.6	7.4	3.4	10	7.7	3.8

** و* به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد و ns عدم اختلاف معنی دار.

* and **: significant at 5% and 1% probability levels, ns: Non significant respective

جدول ۳- اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بر رشد و عملکرد فلفل دلمه‌ای

Table 3- Theeffects of calcium lactate and ascorbic acid on growth and yield of sweet pepper

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	شاخص کلروفیل برگ Chlorophyll index	سطح تک برگ Leaf area (cm^2)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	عرض میوه Fruit (cm) width	طول میوه Fruit length (cm)	عملکرد بوته Plant yield (g)	تعداد میوه در بوته Fruit number per plant	میانگین وزن میوه Fruit weigh (g)
اسیدآسکوربیک Ascorbic acid (mg L^{-1})								
(Control) 0	64.75^{c}	39.25^{b}	59.33^{a}	62.53^{a}	79.65^{a}	552.2^{de}	5^{c}	110.43^{b}
100	67.90^{ab}	38.32^{b}	52.91^{ab}	58.21^{a}	79.86^{a}	716.9^{bc}	6^{b}	119.43^{a}
200	77.37^{ab}	49.83^{a}	57^{ab}	62.20^{a}	77.71^{a}	811.3^{ab}	7.3^{a}	110.64^{b}
300	64.75^{c}	39^{b}	51.6^{ab}	65.18^{a}	81.27^{a}	897.1^{a}	7.6^{a}	116.94^{ab}
لاکتات کلسیم Calcium lactate (g L^{-1})								
0.5	62.45^{abc}	40.60^{b}	53.16^{ab}	62.75^{a}	82.27^{a}	522.9^{e}	5.3^{bc}	98.66^{c}
1	57.72^{bc}	37.2^{b}	52.33^{ab}	62.16^{a}	80.13^{a}	527.1^{e}	5.3^{bc}	98.59^{c}
1.5	80.53^{a}	37.87^{b}	49.66^{b}	64.40^{a}	78.74^{a}	651.5^{cd}	5.6^{bc}	116.34^{ab}

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level based on Duncan's multiple range test.

در پژوهش حاضر مانند سایر مطالعات صورت گرفته لاکتات کلسیم در مقایسه با گیاهان تیمار نشده (شاهد) بر تعداد میوه در بوته و عملکرد اثر معنی‌داری نداشت ولی غلظت ۰/۵ و یک گرم در لیتر لاکتات کلسیم وزن میوه را کاهش داد. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم تاثیر معنی‌داری بر صفات طول و عرض میوه نداشتند (جدول ۲ و ۳).

ارتفاع بوته، سطح برگ و شاخص کلروفیل

تیمارهای اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم، تاثیر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل و سطح برگ داشت (جدول۲). بیشترین شاخص کلروفیل (۸۰/۵۳) در سطح ۱/۵ گرم در لیتر لاکتات کلسیم مشاهده گردید که با تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدآسکوربیک تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین شاخص کلروفیل (۶۴/۷۵) در گیاهان تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۳). حداکثر سطح برگ (۴۹/۸۳ سانتی‌متر مربع) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک به‌دست آمد، بین سایر تیمارها و گیاهان شاهد از نظر سطح برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۳). براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، بین تیمارها از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود داشت (جدول۲). بیشترین ارتفاع بوته در گیاهان شاهد و کمترین آن در گیاهان تیمار شده با لاکتات کلسیم ۱/۵ گرم در لیتر به‌دست آمد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳).

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش‌های دیگر (۱۳) و (۲۸) محلول‌پاشی گیاهان ریحان با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدآسکوربیک بیشترین افزایش را در شاخص‌های رشدی داشت که دلیل آن را افزایش در محتوای نسبی آب برگ بیان داشتند. در مطالعه دیگری اثر محلول‌پاشی برگی اسید آسکوربیک با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر را بر رشد گیاه فلفل شیرین در شرایط شوری به دلیل افزایش جذب عناصر کلسیم، فسفر، نیتروژن و پتاسیم و کاهش غلظت کلر و سدیم در بافت برگ اظهار داشتند (۱۵). محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش قابل ملاحظه‌ای در محتوای کلروفیل برگ شد (۲۱).

ویتامین ث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین تیمارها از نظر میزان ویتامین‌ث وجود داشت (جدول ۴). با توجه به نتایج، بیشترین مقدار ویتامین ث در میوه‌های محلول‌پاشی شده با سطوح مختلف اسید آسکوربیک حاصل شد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد بود. تیمارهای لاکتات کلسیم هم در مقایسه با شاهد باعث افزایش مقدار ویتامین ث گردید (جدول ۵).

اسید آسکوربیک به‌عنوان یک ترکیب آلی و آنتی‌اکسیدان، یک ویتامین ضروری است که می‌تواند از میوه‌ها و سبزی‌ها حاصل شود و فلفل دلمه‌ای یکی از منابع مهم ویتامین ث است. نتایج حاصل با نتایج دیگر پژوهشگران مطابقت دارد که گزارش نمودند کاربرد اسید آسکوربیک به‌طور معنی‌داری مقدار ویتامین ث را در میوه آلو افزایش داد (۱۶). همچنین گزارش شده است که محلول‌پاشی برگی اسید آسکوربیک مقدار ویتامین ث را در فلفل دلمه‌ای افزایش داد (۱۹).

کاربرد لاکتات کلسیم، محتوای ویتامین ث میوه را بهبود بخشید که این نتایج با نتایج به‌دست آمده در گیاه فلفل مطابقت دارد (۱۸). افزایش محتوای ویتامین ث در اثر کاربرد کلسیم را می‌توان به نقش

بازدارندگی کلسیم بر فعالیت آنزیم‌های اکسید کننده مانند اسید آسکوربیک اکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز نسبت داد که آسکوربات را به‌عنوان سوبسترا مصرف می‌کنند (۲۲).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر محلول پاشی لاکتات کلسیم و اسید آسکوربیک بر صفات کیفی میوه فلفل دلمه‌ای
Table 4- ANOVA for the effects of calcium lactate and ascorbic acid on quality of sweet pepper fruit

منابع تغییرات Source of variations	درجه ازادی df	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity	سفتی بافت میوه Fruit firmness	مواد جامد محلول Total soluble solid	ویتامین ث Vitamin C
بلوک Block	2	3.3^{ns}	$.006^{ns}$	0.16^{ns}	94.5^{ns}
تیمار treatment	6	57**	0.12*	0.85**	2070.9**
خطای آزمایش Experiment error	12	2.2	.028	0.15	40
ضریب تغییرات CV		7.5	8.8	8.04	5.4

** و* به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد و ns عدم اختلاف معنی دارد.
* and **: significant at 5% and 1% probability levels, ns: Non significant respectively

جدول ٥- اثر محلول پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بر صفات کیفی میوه فلفل دلمه‌ای
Table 5- The effects of calcium lactate and ascorbic acid on quality of sweet pepper fruit

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity (%)	سفتی بافت میوه Total soluble solid (kg cm^{-1})	مواد جامد محلول Total soluble solid (°B)	ویتامین ث Vitamin C(mg.100ml^{-1})
اسید آسکوربیک Ascorbic acid (mg L^{-1})				
0(Control)	14.9^{c}	1.71^{c}	4.8^{c}	74.58^{c}
100	15.8^{c}	1.76^{c}	5.16^{b}	137.49^{a}
200	19.2^{b}	1.76^{c}	5.2^{b}	141.38^{a}
300	23.3^{a}	1.9^{b}	5.7^{a}	144.98^{a}
لاکتات کلسیم Calcium lactate (g L^{-1})				
0.5	17.78^{bc}	1.9^{b}	4.8^{c}	97.35^{b}
1	19.06^{b}	2.13^{a}	4.9^{bc}	107.83^{b}
1.5	24.6^{a}	2.16^{a}	5.1^{b}	107.83^{b}

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصدبا استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.
Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level based on Duncan,'s multiple range test.

مواد جامد محلول

محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم، تاثیر معنی‌داری بر محتوای مواد جامد محلول میوه نشان داد (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین مقدار مواد جامد محلول میوه (۵/۷ درصد بریکس) مربوط به تیمار اسیدآسکوربیک با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود و کم‌ترین مقدار آن در سطح ۰/۵ گرم در لیتر لاکتات کلسیم و تیمار شاهد مشاهده گردید که با تیمار یک گرم در لیتر لاکتات کلسیم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). نتایج این پژوهش با نتایج یافت شده در گیاه فلفل شیرین (۱۹) همخوانی دارد که افزایش مواد جامد محلول میوه در گیاهان فلفل محلول‌پاشی شده با اسید آسکوربیک را به نقش اسید آسکوربیک در افزایش تعداد برگ، سطح برگ و فعالیت فتوسنتزی نسبت دادند.

سفتی بافت میوه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای مختلف اسیدآسکوربیک و لاکتات‌کلسیم تاثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر سفتی‌بافت داشتند (جدول ۴). بیشترین میزان سفتی بافت میوه (۲/۱۶ و ۲/۱۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر) به ترتیب در میوه‌های تیمار شده با لاکتات کلسیم با غلظت یک و ۱/۵ گرم در لیتر حاصل شد و کمترین مقدار در تیمارهای اسیدآسکوربیک ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). تاثیر مثبت کلسیم بر افزایش سفتی و حفظ کیفیت میوه در طول انبارداری در کیوی (۴) و سیب (۳) گزارش شده است. نتایج پژوهش دیگری در گوجه‌فرنگی نشان داد که کاربرد کلسیم ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تاثیر را بر استحکام میوه داشت (۱۱). تاثیر کلسیم بر افزایش سفتی و بهبود خصوصیات فیزیکی میوه ممکن است به دلیل تاثیر این عنصر در

تشکیل دیواره سلولی و استحکام غشای سلولی باشد. پایداری دیواره سلولی و غشاهای سلولی ارتباط نزدیکی با میزان سفتی گوشت میوه دارد. باندهای کلسیم به صورت پکتات در تیغه‌میانی برای استحکام دیواره سلولی ضروری است و افزایش استحکام بافت در اثر کلسیم گزارش شده است (۴ و۲۴) و پژوهش حاضر با نتایج اکثر پژوهشگران مطابقت دارد

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده گردید (جدول ۴). بیشترین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۲۴/۶ و ۲۳/۳ درصد) به ترتیب در میوه گیاهان محلول‌پاشی شده با لاکتات کلسیم ۱/۵ گرم در لیتر و اسید آسکوربیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد و حداقل فعالیت در تیمارهای شاهد و اسیدآسکوربیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد که با تیمار ۰/۵ گرم در لیتر لاکتات کلسیم اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

مطالعات نشان داده است که محتوای اسیدآسکوربیک در میوه‌های فلفل همبستگی مثبت با فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها دارد (۱۵). همبستگی بالایی بین محتوای فنل کل و فلاونوئید با فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد، اسید آسکوربیک و کلسیم با بهبود محتوای این ترکیبات، فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش دادند و همچنین ممکن است اثر افزایشی اسید آسکوربیک به‌دلیل نقش بازدارندگی آن بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز باشد (۲). ممکن است کلسیم به عنوان عنصری موثر در تجمع اسید آسکوربیک باعث چنین افزایشی در فعالیت آنتی اکسیدانی شده باشد (۳۰).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تیمار اسیدآسکوربیک با بهبود رشد گیاه، تعداد میوه و وزن متوسط میوه، عملکرد میوه را افزایش داد و همچنین با افزایش محتوای ویتامین ث، مواد جامد محلول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کیفیت میوه را بهبود بخشید. تیمارهای لاکتات‌کلسیم هر چند در بهبود صفات رویشی و عملکرد مانند ارتفاع بوته، سطح برگ، طول و عرض میوه، تعداد میوه و عملکرد بوته، در مقایسه با تیمار شاهد تاثیر چشم‌گیری نشان نداد اما با افزایش استحکام میوه، محتوای ویتامین ث و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه، کیفیت میوه را بهبود بخشید. با توجه به نتایج، محلول‌پاشی سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک جهت بهبود عملکرد و کیفیت میوه و تیمار ۱/۵ گرم در لیتر لاکتات کلسیم به منظور افزایش استحکام میوه و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis: (Ed 20). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC pp. 844–847.
2- Barbagallo R.N., Chisari M., and Patané C. 2012. Polyphenol oxidase total phenolics and ascorbic acid changes during storage of minimally processed ‘California Wonder’ and ‘Quadrato d'Asti’ sweet peppers. Food Science and Technology, 49: 192–196.
3- Conway W.S., Sams C.E., and Hickey K.D. 2002. Pre-and postharvest calcium treatment to apple fruit and its effect on quality. Acta Horticulture, 182: 594-602.
4- Cooper T., Gargiulo S., Streif J., and Retamales J. 2007. Effect of calcium content and calcium application on softening of Hayward kiwifruit .Acta Horticalturae, 753: 297-304.
5- Dehghan G., and Khoshkam Z. 2012. Tin (II)-quercetin complex synthesis, spectral characterization and antioxidant activity. Food Chemistry, 131: 422–427.
6- El- Banna E.A., and Abd E.S.H. 2006. Effect of foliar application with organic compounds on growth yield and tubers quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Agricultural Science Mansoura University, 31(2): 1165-1173.
7- El-Greadly N.H.M. 2002. Effect of foliar application of ascorbic acid ethrel and their combinations on growth, yield and endogenous hormones in cucumber plants. Journal of Agricultural Science Mansoura University, 27(8):5269-5281.
8- El-Kobisy D.S., Kady K.A., Medani R.A., and Agamy R.A. 2005. Response of pea plant *pisum sativum* L. to treatment with ascorbic acid. Egyptian Journal of Applied Science. 20: 36-50.
9- Garcia p., Castro M., and Lozoya G. 2004. Gene expression and enzyme of pepper (*Capsicum annuum* L.) ascorbate oxidase during elicitor and wounding stress. Plant Science, 166: 237-243.
10- Georgea B., Kaur C., Khurdiya D.S., and Kapoor H.C. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as a function of genotype. Food Chemistry, 84:45-51.
11- Hao X., and Papadopoulos A.P. 2003. Effect of calcium and magnesium on growth fruit yield and quality in a fall

greenhouse tomato crop grown on rockwool. Canadian Journal of Plant Science, 83:903-912.
12- Islah M., El-Hifny M., and El-Sayed M.A.M. 2011. Response of sweet pepper plant growth and productivity to application of ascorbic acid and biofertilizers under saline conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(6):1273-1283.
13- Khalil S.E., Abdel-Aziz N.G., and Abouleil B.H. 2010. Effect of stress and ascorbic acid on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. Journal of American Science, 6(12):33-43.
14- Kheyri M. 2006. Plant response to environmental stress. Publications of Arash Computer, 140p. (In Persian).
15- Kim J.S., Ahn J., Lee S.J., Moon B.K., Ha T.Y., and Kim S. 2011. Phytochemicals and antioxidant activity of fruits and leaves of paprika (*Capsicum annuum* L. var. special) cultivated in Korea. Journal of Food Science, 76:193-198.
16- Liu K., Yuan C., Chen Y., Li H., and Liu J. 2014. Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the quality maintenance and shelf life of plums. Scientia Horticulturae. 176: 45–53.
17- Marín A., Ferreres F., Tomás-Barberán F.A., and Gil M.I. 2004. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(12): 3861-3869.
18- Michalojc Z. and Dzida K. 2012. Yielding and biological value of sweet pepper fruits depending on foliar feeding using calcium. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 11: 255-264.
19- Mohammed G. H. 2013. Effect of seamino and ascorbic acid on growth, yield and fruits quality of pepper (*Capsicum annuum* L.). International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology. 17(2): 9-16.
20- Pignocchi C., and Foyer C.H. 2003. Apoplastic ascorbate metabolism and its role in the regulation of cell signaling. Current Opinion in Plant Biology, 6: 379-389.
21- Rahemi M. 2011. Post-harvest physiology: An introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamental. Shiraz University Press 213. Page 460.
22- Singh S.A.K., and Joshi H.K. 2005. Prolong storability of Indian gooseberry (*Emblica officinalis* Gaertn.) under semi-arid ecosystem of Gujarat. Indian Journal of Agricultural Sciences, 75: 647 – 650.
23- Shalat A., and Neumann P.M. 2001. Exogenous ascorbic acid (vitamin c) increases resistance to sait and reduce lipid peroxidation. Journal of Experimental Botany, 52: 2207-2211.
24- Singh R., Sharma R.R., and Tyagi S.K. 2007. Per-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorder, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.) Scientia Horticulturae, 112: 215-220.
25- Tabatabaei S.J. 2014. Principles of mineral nutrition of plants. Tabriz University Press 612. Pages 562.
26- Talaat N.B. 2003. Physiological studies on the effect of salinity ascorbic acid and putrescine on sweet pepper plant. Ph.D Thesis, Agriculture Botany Department, Faculty Agriculture. Cairo University. pp: 286.
27- Taqi A.K., Mazid M., and Firoz M. 2011. A review of ascorbic acid potentialities against oxidative stress induced in plants. Journal of Agrobiology, 28 (2): 97-111.
28- Tarraf S.A., EI-Din K.G., and Babbal L.K. 1999. The response of vegetative growth essential oil of lemongrass to foliar application of ascorbic acid nicotermamide and some micronutrients. Arab Universities Journal of Agricultural Sciences, 7: 247-259.
29- Wassel A.H., Hameed M.A., Gobara A., and Attia M. 2007. Effect of some micronutrients, gibberellic acid and ascorbic acid on growth, yield and quality of white Banaty seedless grapevines. African Crop Science Conference Proceeding, 8:547-553.
30- Zaki N., Hakmaoui A., Ouatmane A., and Fernandez- Trujillo J.P. 2013. Quality characteristics of Moroccan sweet paprika (*Capsicum annuum* L.) at different sampling times. Food Science and Technology, 33:577-585.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 79-87
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۸۷-۷۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Foliar Application of Ascorbic Acid and Calcium Lactate on Growth, Yield and Fruit Quality of Sweet Pepper

M. Fateh[1]- T. Barzegar[2]*- F. Razavi[3]

Received: 28-01-2018
Accepted: 04-02-2019

Introduction: Sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) is a worldwide used vegetable, which is an excellent source of ascorbic acid and has high antioxidant capacity against oxidative damage caused by free radicals. Ascorbic acid (AsA) is a water-soluble vitamin that plays a key physiological role in scavenging reactive oxygen species (ROS), and enzyme cofactor. In recent years, the application of exogenous AsA has received much attention for use as a biologically safe compound for postharvest quality maintenance of many horticulture crops. Calcium is an essential micronutrient that plays a vital role in maintains cell wall stability, integrity and determining the fruit quality. To our knowledge, however, little information is available regarding the effect of ascorbic acid and calcium lactate on pepper fruits. Thus, the aim of this study was to investigate the foliar application of ascorbic acid and calcium lactate on growth, yield and fruit quality of sweet peppers.

Materials and Methods: To study the effect of foliar application of calcium lactate (Ca) and Ascorbic acid (AsA) on growth, yield and fruit quality of sweet pepper, the field experiment was carried out from June to September 2016 at Research farm of faculty of Agriculture, at the University of Zanjan, Iran. Pepper plants (cv. California Wonder) were cultivated by applying conventional farming practice for growing in open air conditions. 210 plants (30 plants for each treatment) were selected for uniform size and fruit load, and were sprayed three times (0, 15, 30 days after full bloom) with an aqueous solution containing different concentrations of Ca (0, 0.5, 1 and 1.5 g L^{-1}) and AsA (100, 200 and 300 mg L^{-1}). Each treatment was carried out with three replicates. Pepper fruit were harvested at commercial maturity stage, and transferred to the laboratory on the same day. Leaf area was recorded whit measurement leaf area (DELTA-T DEVICEC LTD, ENGLAND). After fruit harvested, plant length was measured. Fruit was weighted after harvest to determine mean fruit weight. The fruit number per plant and fruit yield per plant was measured to determine of total yield. The total yield expressed in kg ha^{-1}. Flesh firmness was determined with penetrometer (model Mc Cormic FT 32), using an 8 mm penetrating tip. Results were expressed in kg cm^{-2}. The pH values of solutions were monitored with pH meter. TSS was measured in the extract obtained from three fruit of each replicate with a digital refractometer Atago PR-101 (Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan) at 20◦C. Total ascorbic acid content was expressed as mg per 100 g of juice. Antioxidant activity was measured using the free radical scavenging activity (DPPH) and calculated according to the following formula: RSA%= 100(Ac-As)/Ac. Statistical analyses were performed with SPSS software package v. 20.0 for Windows, and means comparison were separated by Duncan's multiple range tests at $p < 0.05$.

Results and Discussion: The results showed that foliar application of AsA had significant effects on growth and fruit yield. The highest fruit yield (897.1 g $plant^{-1}$) was achieved at 300 mg L^{-1} AsA that had no significant difference with 200 mg L^{-1} AsA. Foliar application of AsA markedly increased vitamin C content, and also the highest value of total soluble solid (5.7 °B) was recorded from 300 mg L^{-1} AsA. Ca had no significant effects on growth and fruit yield but significantly improved fruit firmness. The highest fruit firmness (2.13 and 2.16 kg cm^{-1}) was obtained from 1 and 1.5 g L^{-1} Ca. The maximum antioxidant activity was achieved with application of 300 mg L^{-1} AsA and 1.5 g L^{-1} Ca. The fresh sweet peppers were an important source of ascorbic acid for human consumption. AsA significantly increased the amount of vitamin C in the plum and sweet pepper fruits. Foliar treatment of Ca increased vitamin C content. Increasing vitamin C content in fruits after treatment with Ca could be related to inhibiting action of calcium on the activities of ascorbic acid oxidase that use ascorbate as a substrate. The results indicated that treatment of Ca produced fruits with higher firmness compared to control and other treatments. Firmness and resistance to softening can be increased by the addition of Ca, due to interaction of calcium with pectate acid in the cell wall to form calcium pectate and retarding polygalacturonase activity. Differences in the percentage of TSS content at the time of harvest indicated the AsA and Ca effects on

1, 2 and 3- Ms.C. Graduate, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan. Zanjan, Iran, Respectively
(*- Correspounding Author Email: tbarzegar@znu.ac.ir)

carbohydrate accumulation in fruits, which had different potential on respiration rates and consequently storability of plants. The exogenous application of AsA and Ca in sweet pepper plants indicated that treatments had significant effects on ascorbic acid content of sweet peppers. The antioxidant activity has positive correlation with total phenolic content, flavonoids and content of ascorbic acid.

Conclusion: The results of our research indicated that per-harvest foliar application of AsA increased plant growth, fruit number and weight. Also, AsA and Ca treatments improved fruit quality attributes including vitamin C, fruit firmness, TSS and antioxidant activity. These results suggest that AsA and Ca treatments, especially AsA 300 mg L^{-1} and Ca 1.5 g L^{-1}, may be proposed to improve fruit quality.

Keywords: Antioxidant activity, Fruit weight, Leaf area, Total soluble solid, Vitamin C